

Bahan Bakar Padat dari Biomassa Bambu dengan Proses Torefaksi dan Densifikasi

Azhar* dan Heri Rustamaji**

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Lampung
Jl. Prof. Dr. Sumantri Brojonegoro No. 1, Bandar Lampung

Abstract

Bamboo can be utilized as biomass through torrefaction and densification processes and be used as solid fuel. In the present work, bamboo was cut into pieces followed by torrefaction process in a furnace. The product of the torrefaction process was then milled or ground to produce smooth powder which was then pressed to form briquettes. The resulting briquettes were characterized by determining their calorific value, proximate analysis, ultimate analysis and burning rate.

The torrefaction process was successfully carried out in a temperature range of 200-300°C to obtain charcoal that had following properties: brittle, hydrophobic with decreasing moisture content. The experimental results showed that the calorific value was influenced by bamboo briquette density. Greater the density higher the calorific value of the resulting briquettes. In addition, the rate of burning was also determined by the density. The briquettes that had higher density had lower burning rate. The results showed that torrefaction and densification processes could increase carbon content and calorific value of the bamboo briquettes by 19-20% in a temperature range of 200 – 300°C.

Key words: solid fuels, biomass, bamboo, torrefaction, densification

Abstrak

Bambu sebagai biomassa dapat dijadikan sebagai bahan bakar padat dengan metode torefaksi dan dengan proses pemadatan (densification). Bambu dipotong-potong kemudian dilakukan proses torefaksi di dalam furnace. Bambu hasil proses torefaksi kemudian digiling atau ditumbuk hingga halus. Serbuk bambu itu kemudian diambil dan dipres sampai menghasilkan briket. Briket kemudian ditentukan nilai bakarnya (*calorific value*), dilakukan analisis proksimat, analisis ultimate serta laju keterbakaran.

Proses torefaksi berhasil dilakukan pada suhu 200-300°C dan diperoleh produk arang yang, memiliki sifat getas, hidrofobik dan kandungan air yang menurun. Densitas briket bambu berpengaruh terhadap nilai bakarnya. Briket bambu dengan densitas lebih besar memiliki nilai bakar lebih tinggi. Laju keterbakaran briket dari bambu hasil torefaksi dipengaruhi oleh densitas. Briket dengan densitas lebih tinggi laju keterbakarannya lebih kecil. Proses torefaksi dan densifikasi dapat meningkatkan persentase kandungan karbon dan nilai bakar bambu sekitar 19-20% pada suhu 200-300°C.

Kata kunci: bahan bakar padat, biomassa, bambu, torefaksi, densifikasi

Pendahuluan

Bambu sebagai biomassa dapat dijadikan sebagai bahan bakar padat. Sebagai bahan bakar dalam bentuk padat diharapkan kerapatan potensi energi (banyaknya potensi energi per satu satuan volume biomassa) tinggi dan nilai bakarnya (*heating value*) juga tinggi. Sifat lain yang diinginkan terhadap bahan bakar adalah tidak mengeluarkan asap apabila dibakar dan laju keterbakaran bahan bakar padat diharapkan rendah (bahan bakar tidak cepat habis terbakar tetapi energi yang dihasilkan tinggi). Pengolahan bambu untuk memperoleh nilai manfaat yang lebih tinggi dapat ditempuh dengan metoda

termokimia antara lain dengan torefaksi (*torrefaction*) dan dengan metoda fisika antara lain pemadatan (*densification*).

Torefaksi adalah pengolahan secara termal terhadap biomassa pada temperatur 230°C sampai 280°C dalam keadaan tanpa udara dan dalam waktu yang singkat sekitar 2 jam (Felfi, dkk., 2005). Dalam proses ini hemiselulosa terdegradasi sedangkan kandungan lignin dan selulosanya tetap (Bourgeois, 1984; Doat, 1985). Biomassa yang telah mengalami proses torefaksi akan memberikan beberapa keuntungan antara lain kandungan airnya menjadi rendah, sedikit mengeluarkan asap, dan nilai panasnya juga meningkat (Arcate, 2002; Pach, dkk., 2002; Girard dan Shah, 1991).

* Alamat korespondensi: email: ays@operamail.com

** Alamat korespondensi: email: h_rustamaji@unila.ac.id

Proses densifikasi adalah proses pemadatan biomassa dengan cara pengempaan (penekanan) sehingga rapat massa atau juga kerapatan potensi energinya meningkat. Proses densifikasi diterapkan terhadap biomassa karena kandungan energi spesifik alaminya rendah. Dalam keadaan alami (tanpa pengolahan apapun) biaya transportasinya tinggi dan membutuhkan ruang penyimpanan yang besar dan sulit dalam penanganannya (Bhattacharya, 1990). Biomassa yang hendak diubah menjadi briket bahan bakar harus terlebih dahulu diperkecil ukurannya agar dalam proses pembriketan bisa menjadi lebih rapat dan mudah dalam pelaksanaannya.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui hubungan antara densitas briket bahan bakar yang dibuat dari biomassa bambu yang telah mengalami proses torefaksi dan densifikasi terhadap nilai bakarnya, mengetahui laju keterbakaran briket biomassa bambu hasil proses torefaksi dan densifikasi dengan luas permukaan spesifik tertentu di udara terbuka, mengetahui secara relatif kualitatif banyaknya asap yang muncul (diemisikan) dan temperatur *flue gas* dari pembakaran briket bahan bakar padat dari biomassa bambu yang telah mengalami proses torefaksi dan densifikasi.

Metodologi

Bahan dan alat

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian meliputi: gergaji, tong bekas, furnace, penggiling/penghancur, ayakan 60 mesh, satu set alat pembuatan briket termasuk dongkrak, neraca digital, stopwatch, *bomb calorimeter*, perangkat instrumen uji proksimat dan ultimate, satu set kerangka pembakaran (bangku kecil dari besi).

Jalan penelitian

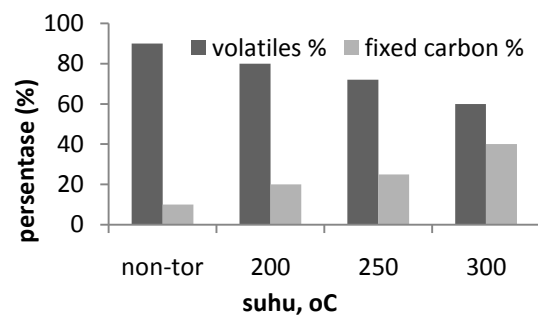
Bambu dipotong-potong dengan ukuran 20 cm kemudian dikenakan proses torefaksi di dalam furnace selama 2 jam. Furnace dilengkapi alat pengatur suhu secara otomatis dan untuk mengkondisikan tanpa udara, furnace dihampakan terlebih dahulu kemudian selama proses torefaksi dialirkan gas N_2 . Bambu hasil proses torefaksi kemudian digiling atau ditumbuk sampai lolos ayakan ukuran 60 mesh. Serbuk bambu itu kemudian diambil sebanyak 1; 1,2; 1,4 kg dan dipres dengan dongkrak dengan tekanan 3,5-5 MPa sampai volumenya 1 dm³ dalam *mould* yang dibuat dari pipa besi berdiameter 9 cm (3,5 in) dan tinggi 16 cm sehingga diperoleh briket. Briket tersebut kemudian dianalisis untuk

memperoleh nilai bakarnya (*calorific value*) dengan alat *bomb calorimeter*. Sebagian dari briket ini juga digunakan untuk menentukan komposisi kimiawinya dengan analisis ultimat. Sebagian briket lainnya dipotong-potong hingga diperoleh briket dengan ukuran diameter 35 mm dan ketebalan 20; 25; dan 30 mm. Masing-masing briket kemudian dibakar di udara terbuka untuk memperoleh informasi laju keterbakaran. Pada tahap ini juga diamati kondisi asap yang muncul dari proses pembakaran.

Hasil dan Pembahasan

Analisis proksimat

Sebagian dari briket digunakan untuk menentukan komposisi kimiawinya dengan analisis proksimat dan menghasilkan data berupa karbon total, *moisture*, zat volatile, dan kadar abu. Hasil analisis proksimat berdasarkan basis bebas abu dan *moisture* ditampilkan pada Gambar 1.



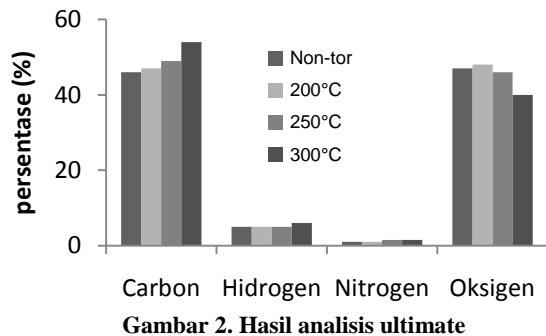
Gambar 1. Hasil analisis proksimat (non-tor: tanpa torefaksi)

Dari Gambar 1 terlihat bahwa bambu yang telah mengalami proses torefaksi persentase kandungan *volatile*-nya menurun dan persentase *fixed carbon* meningkat. Kenaikan suhu juga berpengaruh terhadap jumlah kandungan volatile dan persentase *fixed carbon* dimana jelas bahwa kenaikan suhu menurunkan persentase kandungan volatile dan menaikkan persentase *fixed karbon*. Bambu mentah yang memiliki persentase volatile sekitar 90% dan *fixed karbon* 10% setelah mengalami proses torefaksi persentase berubah menjadi 60% volatile dan 40% *fixed carbon*.

Analisis ultimat

Gambar 2 menunjukkan hasil analisis ultimate. Dari Gambar 2 terlihat bahwa kenaikan suhu menyebabkan persentase kandungan karbon dan hidrogen meningkat dan kandungan oksigen menurun. Oleh karena itu proses torefaksi

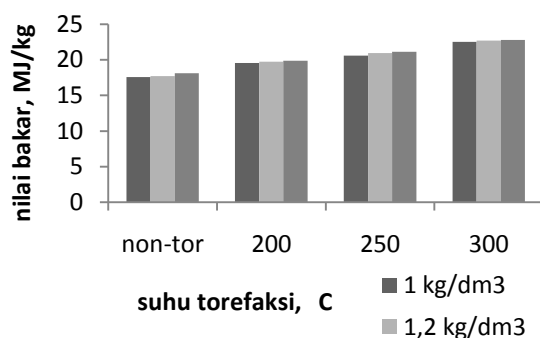
menghasilkan penurunan rasio O/C yang berkontribusi sangat penting pada peningkatan nilai bakar. Kandungan abu dalam bambu mentah sekitar 2,5% dan meningkat menjadi sekitar 5 % dengan arang yang berwarna abu-abu pada suhu 300°C.



Analisis nilai bakar (*Calorific value*)

Hasil analisis nilai kalor masing-masing tipe briket dari bambu hasil torefaksi di bandingkan dengan briket dari bambu non-torefaksi ditunjukkan pada Gambar 3. Dari Gambar 3 terlihat bahwa briket dari bambu torefaksi memiliki nilai bakar (*calorific value*) lebih tinggi daripada briket dari bambu tanpa torefaksi. Hal tersebut dapat terjadi karena adanya peningkatan jumlah kandungan karbon pada bambu yang telah mengalami torefaksi dan tersingkirnya beberapa senyawa kimia dalam bambu yang berpotensi menimbulkan asap terutama zat yang volatile. Sementara itu, kenaikan suhu torefaksi juga meningkatkan nilai bakar briket yang dihasilkan. Tambahan pula, bahwa kenaikan kerapatan briket bambu juga menyebabkan kerapatan energinya meningkat. Kenaikan nilai bakar bambu torefaksi sekitar 19% pada suhu 200-300°C. Dari data nilai bakar dan densitas serta suhu torefaksi dapat dibuat hubungan persamaan nilai bakar sebagai fungsi densitas dan suhu torefaksi. Dengan menggunakan metode *sums of squares of errors* maka diperoleh persamaan di bawah:

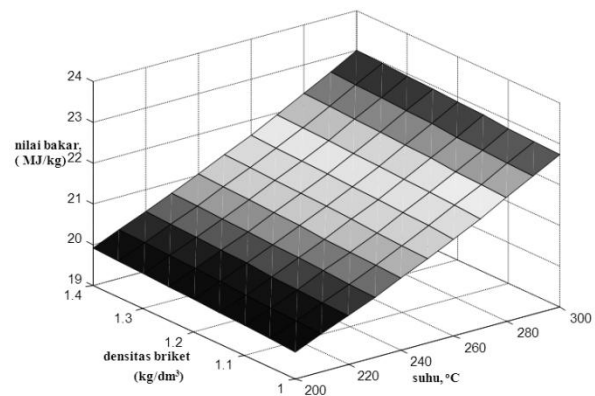
$$Q_h = 0.00012T_t^{1.89} + 16.9731\rho^{0.0465}$$



Gambar 3. Nilai bakar briket dari bambu

Dengan nilai bakar (Q_h) dalam MJ/kg, suhu torefaksi (T_t) dalam °C dan densitas (ρ) dalam kg/dm³.

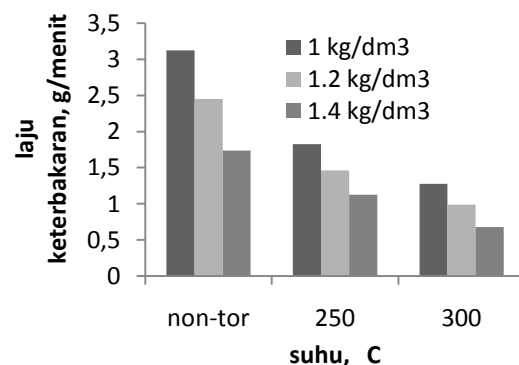
Grafik tiga dimensi nilai bakar sebagai fungsi densitas dan suhu ditunjukkan Gambar 4.



Gambar 4. Grafik nilai bakar sebagai fungsi densitas dan suhu

Analisis laju keterbakaran briket

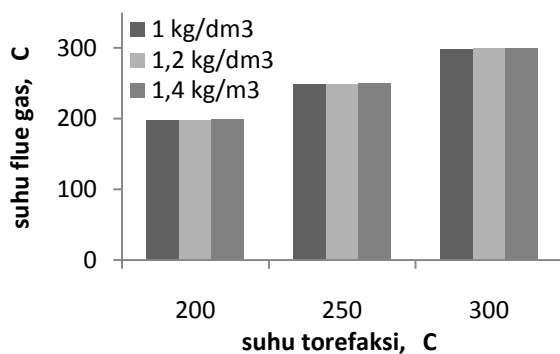
Briket dari bambu torefaksi juga dipelajari perilaku pembakarannya pada kondisi tertentu. Gambar 5 menunjukkan hasil analisis laju keterbakaran briket dari bambu torefaksi dibandingkan terhadap briket dari bambu non-torefaksi. Dari Gambar 5 dapat dilihat bahwa waktu pembakaran briket torefaksi lebih lama dibandingkan briket dari bambu non-torefaksi. Hal ini ditunjukkan dengan nilai laju keterbakaran briket bambu torefaksi lebih kecil dari briket bambu tanpa torefaksi. Disamping itu, kenaikan suhu torefaksi juga meningkatkan lamanya waktu pembakaran briket. Hal ini terjadi karena briket didominasi tahap pembakaran arang sebagai hasilnya penurunan kandungan volatile dan peningkatan kandungan arang pada bambu yang tertorefaksi. Sementara itu, briket dengan densitas lebih besar memiliki waktu pembakaran lebih panjang daripada briket dengan densitas kecil.



Gambar 5. Laju keterbakaran briket pada berbagai suhu

Temperatur *flue gas* dan asap

Briket dari bambu torefaksi diamati suhu *flue gas* dan pengepulan asapnya. Berdasarkan hasil pengukuran suhu *flue gas* diperoleh bahwa suhu *flue gas* yang dihasilkan hampir sama dengan suhu proses torefaksi bambu tersebut seperti disajikan Gambar 6. Sementara itu, dari hasil pengamatan terhadap kepulan asap disimpulkan bahwa hanya terdapat kepulan asap yang sangat sedikit. Hal ini menunjukkan bahwa proses torefaksi telah menghilangkan sebagian besar volatile pada bambu. Di sisi lain pengamatan terhadap pembakaran briket dapat disimpulkan bahwa hanya terbentuk abu dengan jumlah yang sangat sedikit.



Gambar 6. Suhu *flue gas* briket hasil torefaksi pada berbagai suhu torefaksi

Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan di atas dapat disimpulkan:

1. Proses torefaksi berhasil dilakukan pada suhu 200-300°C dan diperoleh produk arang, memiliki sifat getas, hidrofobik dan kandungan *moisture*-nya menurun.
2. Densitas briket biomassa bambu berpengaruh terhadap nilai bakarnya. Briket bambu dengan densitas lebih besar memiliki nilai bakar lebih tinggi.
3. Laju keterbakaran briket dari bambu hasil torefaksi dipengaruhi oleh densitas. Briket dengan densitas lebih tinggi laju keterbakarannya lebih kecil.

Daftar Pustaka

- Arcate, J.R., 2002. Global markets and technologies for torrefied wood in 2002, *Wood Energy* 5, 26-28.
- Bhattacharya, S.C., 1990. Carbonized and uncarbonized briquettes from residues, In SHELL (ed.), *Workshop On Biomass Thermal Processing Vol. I*, London, pp. 1-9.
- Bourgeois, J.P., 1984. Torrefied wood from temperate and tropical species, advantages and prospects, in Egneus and Ellegard (eds.), *Bioenergy* 84(3), London, pp. 153-159.
- Doat, J., 1985. CTFT research into wood pyrolysis, in *Symposium on Forest Products Research -- International Achievements and the Future*, pp. 12-24.
- Felfli, F.F., Luengo, C.A., Suárez, J.A., and Beatón, P.A., 2005. Wood briquette torrefaction, *Energy for Sustainable Development*, 9(3).
- Girard, P., and Shah, N., 1991. Developments on Torrefied Wood, an Alternative to Charcoal for Reducing Deforestation, *REUR Technical Series*, 20, pp. 101-114.
- Pach, M., Zanzi, R., and Björnbom, E., 2002. Torrefied biomass as substitute for wood and charcoal, in Ani, F.N., et al. (ed.), *6th Asian-Pacific Int. Symp. on Combustion and Energy Utilization, Proc. Int. Conf.*, Kuala Lumpur, Malaysia, pp. 285-290.